

## 체성감각자극의 적용에 의하여 유발되는 보행주기 변화에 관한 연구

### A study of the changes in gait cycles with somatosensory stimulation

\*소하주<sup>1</sup>, #김동욱<sup>2,3</sup>, 김성현<sup>2</sup>

\*H. J. So<sup>1</sup>, #D. W. Kim(biomed@jbnu.ac.kr)<sup>2,3</sup>, S. H. Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 대학원 헬스케어공학과, <sup>2</sup>전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부,

<sup>3</sup>전북대학교 고령친화복지기기연구센터

Key words : somatosensory, vibration, tendon stimulation, gait analysis, gait event

#### 1. 서론

보행은 하지, 체간, 머리 및 팔 등의 인체 부위의 복잡한 메커니즘을 내포하는 활동으로 정상적인 보행을 위해서는 근·골격계를 포함하는 인체의 다양한 운동시스템의 유기적인 협력이 필요하다[1]. 그러나 질병이나 노화와 같은 원인으로 인하여 운동시스템의 기능 이상 혹은 기능 저하가 발생한다면 정상적인 보행이 어렵게 된다.

인체의 기능 변화와 저하로 인하여 발생할 수 있는 보행 및 움직임의 변화의 해결책으로써 저하된 기능의 보완·증진을 위한 연구들이 다양하게 진행되고 있다. 그 가운데에서도 특히, 외부에서 인가되는 진동자극을 활용하여 근력계의 기능을 회복하고자 하는 노력들이 주목받고 있다. Humphries 등[2]은 운동선수들에게 적용된 진동자극이 근력과 근육 활성도의 증가를 유도하였음을 보고하였고, Galica 등[3]은 고령자의 발바닥에 진동자극을 인가하여 보행 변이성을 줄임으로써 낙상 위험을 감소시킬 수 있었다는 결과를 발표하기도 하였다. 하지만, 하지 근·골격계의 복잡한 반응으로 발생하는 보행에서 진동자극의 위치, 적용 시점 및 적용 시간 등의 진동자극의 특성을 결정짓기 위하여 시도된 연구는 부족하다.

이에 본 연구에서는 특성을 달리한 진동자극의 적용에 의하여 나타나는 보행 패턴의 변화를 보행주기의 변화와 근육 활성도 변화를 통하여 분석하였다.

#### 2. 연구방법

본 실험은 동작분석 카메라 및 힘판 등의 장비가 갖추어진 동작분석 실험실에서 진행되었다. 실험

환경은 10m의 보행로에 4대의 힘판(Bertec Co., USA)을 매립하고 보행로 주위에 3대의 적외선 동작분석 카메라(Northern Digital Inc., Canada)를 배치하여 구성하였다. 동작분석 카메라와 힘판은 동기화하여 마커 데이터와 지면반발력 데이터를 시간과 구간 별로 탐색할 수 있도록 하였다.

피험자에게 진동자극을 인가시키기 위한 체성감각자극시스템은 기계적인 진동을 생성하는 선형 진동소자(PMV-1030A, Partron, Korea)를 사용하여 자체 제작하였다. 본 실험에서는 접촉면적에 관계없이 절대민감도가 가장 높은 250Hz의 진동주파수[4]를 갖는 자극을 사용하였다. 진동자극은 인체의 자세균형 유지에서 주요한 역할을 담당하는 전경골건과 아킬레스건에 인가하였다.

실험은 근·골격계 및 신경학적인 질병이 없고 정상적인 보행이 가능한 청년층 남성 5명을 대상으로 진행되었다. 피험자는 하지에 적외선 발광 마커와 족관절에 체성감각자극기를 부착한 후, 지시에 따라 10m의 보행로를 일직선으로 걷는 과제를 수행하였다.

보행의 운동역학적 분석은 보행 이벤트의 비율을 통하여 계산하였다. 한 걸음(stride)에서 입각기가 차지하는 시간에 대한 보행 이벤트의 시간을 비교하여 각 보행 이벤트가 입각기에서 차지하는 비율을 계산하였다.

#### 3. 결과

본 연구는 풋스위치로 보행 이벤트를 실시간으로 검출하여 특성을 변화시킨 진동자극을 인체에 적용하였을 때 나타나는 보행 주기의 변화를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

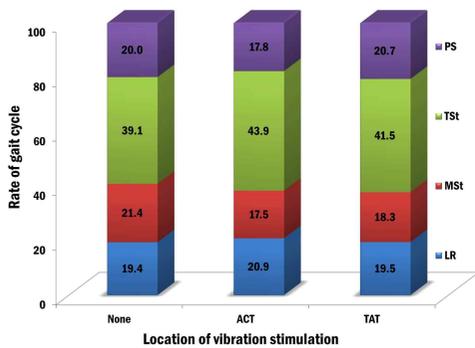


Fig. 1 The rate of gait cycle are presented for none stimulation(normal gait), Achilles tendon stimulation and Tibialis anterior tendon stimulation condition.

그림 1에서는 진동자극의 특성에 따른 보행 주기의 비율을 나타내었다. 전경골근에 진동자극을 인가한 경우 부하반응기(LR), 중간입각기(MS), 말기입각기(TS), 전유각기(PS)의 비율은 각각 19.5%, 18.3%, 41.5%, 20.7%로 변화하였고, 아킬레스근에 진동자극을 인가한 경우에는 각각 20.9%, 17.5%, 43.9%, 17.8%로 변화하였다. 전경골근에 진동자극을 적용하였을 경우에는 입각기에서 부하반응기 구간과 전유각기 구간이 차지하는 비율이 감소하였고, 아킬레스근에 진동자극을 적용하였을 경우에는 말기입각기 구간이 차지하는 비율이 감소하였다.

#### 4. 고찰 및 결론

진동자극의 적용 위치의 변화에 따라 보행주기의 변화가 발생한 원인은 진동자극이 보행주기에 영향을 미치는 근육의 수축에 직접적으로 관여했기 때문으로 추측된다. 부하반응기 구간에 전경골근에 인가된 진동자극은 전경골근(tibialis anterior)의 수축을 촉진시키고, 말기입각기 구간에 아킬레스근에 인가된 진동자극은 비복근(gastrocnemius)의 수축을 촉진시킴으로써 보행 이벤트의 발생에 필요한 토크의 발생이 조기에 완료되므로, 보행 이벤트의 시간이 단축되는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 진동자극의 인가 위치와 적용 시점의 조절을 통하여 보행 패턴의 변화를 유도할 수 있으며, 진동자극은 개인 특이적 보행 교정 및 재활에 효과적으로 활용 가능하다. 또한 본 실험의 결과는 진동

자극을 활용한 보행 재활에 있어서 진동자극의 특성과 보행 변이성의 상관관계를 유추할 수 있는 기본 자료로 활용이 가능하다.

#### 후기

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2012R1A2A2 A01012599)

#### 참고문헌

1. Boulic R., Magnenat-Thalmann N. and Thalmann D., "A global human walking model with real-time kinematic personification," *The visual computer*, **6**, 344-358, 1990.
2. Humphries B., Warman G., Purton J., Doyle T. L. A. and Dugan E., "The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions," *Journal of Sports Science and Medicine*, **3**, 16-22, 2004.
3. Galica A. M., Kang H. G., Priplata A. A., D'Andrea S. E., Starobinets O. V., Sorond F. A., Cupples L. A. and Lipsitz L. A., "Subsensory vibrations to the feet reduce gait variability in elderly fallers," *Gait posture*, **30**, 383-387, 2009.
4. Gescheider G. A., Bolanowski S. J., Pope J. V. and Verrillo R. T., "A four-channel analysis of the tactile sensitivity of the fingertip: frequency selectivity, spatial summation, and temporal summation," *Somatosensory and Motor Research*, **19**, 114-124, 2002.